|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章一** |
| **标题** | Learning Common Time-Frequency-Spatial Patterns for Motor Imagery Classification |
| **期刊/等级** | IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering |
| **种类** | CSP优化 |
| **方法** | 本文提出共同时频空间模式(CTFSP)，用于从多个时间窗口的多频带滤波EEG数据中提取稀疏CSP特征。其将EEG数据分割成三个时间窗口。在每个时间窗中多频带滤波用于通过从μ频带、β频带及其子频带中提取MI相关特征，通过使用CSP算法和LASSO方法对特征提取和选择来学习稀疏空间特征。最终的决策输出由三个SVM分类器的投票结果决定。 |
| **结果** | 实验结果显示，在描述的三个数据集中，所提出的CTFSP算法在五种算法中取得了最高的分类精度； 多时间窗方法可以减少由于选择错误的时间窗而导致的错误分类的风险。特征融合方法获得了稍高的平均准确率，但在Wilcoxon有符号等级的tes测量，特征融合与分类融合在准确性方面没有显著差异。 |
| **个人观点** | 以往的研究只考虑了频域的影响，而忽略了在MI任务中对反应时间的差异，本文则是采用了滑动时间窗口来解码MI任务，来解决运动提示的ERD的时间进程随着时间和参与者的不同而变化的问题。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章二** |
| **标题** | Joint spatial and temporal features extraction for multi-classification of motor imagery EEG |
| **期刊/等级** | Biomedical Signal Processing and Control |
| **种类** | MI多分类 |
| **方法** | 提出一种包含时间的空间滤波和时空分析网络(TSF-STAN)的脑电信号多分类方法。其利用Joint-OVR 将多分类分离为多二元分类。TSF 为每个二分类构建空间过滤器。再根据Joint-OVR将所有空间滤波器串联为一个，并将原始数据映射到一个新空间中。过滤后的数据是时空表示。由STAN处理，进一步提取时间特征和空间特征，解码成直观的意图结果。 |
| **结果** | 实验表示，TSF保留了信号的时间信息，显着提高了分类的准确率；STAN更能挖掘脑电图的更多信息，与传统的OVR将多个分类器的出概率得到最终的分类结果相比，Joint-OVR各类别的曲线越靠近左上角，曲线下面积越大，性能更优。 |
| **个人观点** | Joint-OVR 将二进制分类扩展到了多分类任务，相比Joint-OVR的分类器，传统OVR的网络结构是Joint-OVR的多倍，在训练时会占用大量的服务器内存，消耗更多的训练时间。因此提出的方法有效减少计算复杂度。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章三** |
| **标题** | Overall optimization of CSP based on ensemble learning for motor imagery EEG decoding |
| **期刊/等级** | Biomedical Signal Processing and Control |
| **种类** | CSP整体优化 |
| **方法** | 本文提出了一种基于集成学习的新算法框架将CSP整体优化，来提高CSP的解码性能。其采用不同时间窗、正则化参数和空间滤波器对数的TRCSP，提取更丰富的时空频特征信息。LASSO 作为基础分类模型用于选择和优化时空频率特征。此外，为集成模型构建提出了一种新的简单有效的集成规则。 |
| **结果** | 实验结果表示，TW-TRCSP-FB 对所有数据集实现了最高的平均分类精度为85.99±12.07%，此外，即使是在小样本情况下还是在增加样本的过程中，TW-TRCSP-FB的分类效果都优于其他方法，能达到一个更优的精度。 |
| **个人观点** | 结果是决定性的，集成模型明显优于交叉验证模型，与交叉验证选择的最优模型相比，集成模型可以充分利用脑电图的时空频信息，避免有用信息的丢失，而且，该方法使用简单的LASSO模型，模型复杂度低，模型训练时间短，因此在应用在MI解码中是具有潜力的 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章四** |
| **标题** | Relevant Feature Selection from a Combination of Spectral-Temporal and Spatial Features for Classification of Motor Imagery EEG |
| **期刊/等级** | Journal of Medical Systems |
| **种类** | MI特征提取 |
| **方法** | 提出了一种新算法 (CVSTSCSP)，用于从运动图像脑机接口的时间、光谱和空间信息的最佳组合中确定判别特征。使用公共空间模式技术（SCSP）从分割和过滤的数据中提取特征。单变量特征选择方法（欧几里得距离、相关性、互信息和Fisher判别比）来获得相关的特征子集。 |
| **结果** | 实验结果表明，该方法在分类误差方面明显优于现有方法。与 CSP、SBCSP、FBCSP 和 CVSCSP 相比，使用所提出的 CVSTSCSP 方法可以观察到两个数据集和两个分类器的分类误差均减少了70%左右。 |
| **个人观点** | 其通过四种单变量滤波器特征选择方法来找到用于运动图像任务分类的相关特征的缩减子集，降低了计算复杂度。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章五** |
| **标题** | Enhancing detection of steady-state visual evoked potentials using channel ensemble method |
| **期刊/等级** | Journal of Neural Engineering |
| **种类** | SSVEP检测 |
| **方法** | 提出了一种基于通道集成的SSVEP检测方法。基于相关性分析，将采集到的多通道脑电信号分成多组新的分析信号，在将其作为免训练特征提取模型（CCA,LRT,MSI）的输入, 使用softmax函数将获得的特征系数转换成特征概率值,确定多组特征概率值的集合值，并将其用作最终的判别系数。 |
| **结果** | 试验结果表明，与标准的CCA、LRT和MSI方法相比，通道集成方法的识别准确率分别提高了5.05%、3.87%和3.42%，识别率分别提高了6.00%、4.61%和3.71%。 |
| **个人观点** | 在线对比实验显示，通道集成的方法有效地提高了低反应被试的识别效果，对促进BCI视觉诱发电位系统的应用具有积极意义；此外，通道集成方法对所有受试者使用固定的参考通道，但使用的参考通道不一定是每次试验的最佳选择，因此可以考虑在算法中添加一个自适应参考通道选择方法来提高其性能。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章六** |
| **标题** | A Zero-Padding Frequency Domain Convolutional Neural Network for SSVEP Classification |
| **期刊/等级** | Frontiers in Human Neuroscience |
| **种类** | SSVEP识别 |
| **方法** | 本文提出了一种零填充频域卷积神经网络模型方法来识别不同类型的SSVEP信号。其将EEG 信号在时域被截取并用零填充，从SSVEP信号的PSD中提取基频频带和二次谐波频带组合成特征矩阵，最后将特征矩阵作为算法模型的输入，通过CNN的非线性变换识别不同类型的SSVEP信号。 |
| **结果** | 实验表明，在SSVEP数据集中，ZPFDCNN 模型的分类准确率和 ITR 从 0.7 s 和时间窗之后明显优于其他两种方法。在 1.0 s 时间窗口内，平均分类准确率为 89.99%，达到最高 ITR：167.36 bit/min。 |
| **个人观点** | ZPFDCNN 方法使用了整个频段谐波带作为输入减少了输入维度，降低了模型的复杂度和训练时间，补零方法对频谱的改进，利用CNN的非线性能力在多通道、多波段进行卷积，改善了SSVEP信号和多类别SSMVEP信号的优良分类性能，因此其在SSVEP 的高速 BCI 中的各种通信和控制应用中将具有极好的潜力。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章七** |
| **标题** | The Removal of EOG Artifacts from EEG Signals Using Independent Component Analysis and Multivariate Empirical Mode Decomposition |
| **期刊/等级** | IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics |
| **种类** | EOG伪影去除 |
| **方法** | 提出了一种新的基于 ICA 的 MEMD (IMED) 方法，以提高从多通道 EEG 信号中去除 EOA 的性能。使用 MEMD 技术将多通道脑电信号分解为多个多元固有模式函数 (MIMF)。其次，选择与EOA相关的MIMF来重建EOG相关信号，而保留其他MIMF。ICA为EOG相关信号获得了多个独立分量（IC），然后与 EOG 相关的 IC 被区分和拒绝。最后，通过对ICA和MEMD进行逆变换，重建了没有EOA的干净脑电信号。 |
| **结果** | 实验表明，所提出的方法可以成功地从模拟脑电信号中消除EOA，并保留有用的脑电信息，并且损失很小。此外，由于基于最大似然（ML）算法的IMEMD优于其他三种方法。与其他现有技术相比，所提出的方法比 AWICA 和 SSA-EMD 实现了更高的 SNR 和更低的 MSE。 |
| **个人观点** | 一般情况下，EMD 方法难以计算信号的准确频率内信息，由于来自不同时间序列的 IMF 可能对应不同的频带，该研究则是将EMD 方法扩展到 MEMD 方法，该方法可以同时将多通道信号分解为相同频带内的多个配对 IMF。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章八** |
| **标题** | A hierarchical semi-supervised extreme learning machine method for EEG recognition |
| **期刊/等级** | Medical & Biological Engineering & Computing |
| **种类** | MI分类 |
| **方法** | 提出分层半监督极限学习机（HSS-ELM）的新方法，应用于运动图像（MI）任务分类。该算法先采用分层 ELM (H-ELM) 方法的深层架构自动进行特征学习，然后使用半监督 ELM (SS-ELM) 算法对这些新的高级特征进行分类。 |
| **结果** | 实验对比表明，HSS-ELM 产生了最好的平均 kappa 值（0.7945），在标记数据较少的情况下，HSS-ELM 比 H-ELM 和其他监督方法具有分类优势，在标记数据比率为 0.1 时，HSS-ELM 的平均准确率为 83.94%。 |
| **个人观点** | 通过比较结果，HSSELM 实现了对标记数据和未标记数据的多层编码的高级表示，并且在各种模拟中具有训练效率和分类精度的优势。但其在在目标函数中加入图拉普拉斯算子进行半监督学习，虽提高识别精度，但增加了模型的复杂度。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章九** |
| **标题** | Cross-Correlation Based Discriminant Criterion for Channel Selection in Motor Imagery BCI Systems |
| **期刊/等级** | Journal of Neural Engineering |
| **种类** | 通道选择 |
| **方法** | 本文提出一种新的通道选择方法（XCDC），用于运动图像脑电图分类。该方法基于来自不同脑电图试验的信号之间的互相关性来选择最具辨别力的通道。 |
| **结果** | 结果表明，XCDC 成功区分了与任务相关的通道并显着减少了通道数量且不会损失分类精度，在两个数据集上都优于 CCS 和 CSP-rank，此外，所提出方法的可视化与先前的神经生理学发现一致。 |
| **个人观点** | 提出的XCDC 的复杂度是二次方的，如果后续通过使用具有 GPU 加速功能的深度学习框架来解决这个问题将具备改善BCI性能的潜力。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章十** |
| **标题** | Frequency and Phase Mixed Coding in SSVEP-Based Brain–Computer Interface |
| **期刊/等级** | IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING |
| **种类** | BCI应用 |
| **方法** | 本文提出一种新的SSVEP编码方法，通过频率和相位的结合，增加了目标的数量。这种频率和相位的组合允许基于不同刺激频率下EEG的振幅和相位特征的解码方法。 |
| **结果** | 实验表明，通过优化导联位置、参考相位、数据段长度和谐波分量，在对10名受试者进行的模拟在线测试中，平均ITR超过60位/分钟。 |
| **个人观点** | 该文提出的基于SSVEP 的 BCI 中使用混合相位和频率编码来改进 ITR。它增加了相同频率数量下的可编码目标数量，参考相位允许识别在相同频率下按相位编码的目标。此外，本研究还提出了一种常用的双极引线 Oz-POz，增加​​了 BCI 实施的可行性。 |